



REC.: 29 JUL 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 26 759.6

**Anmeldetag:** 14. Juni 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Detektion von Impedanzen, Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen

**IPC:** H 04 M, G 01 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Juni 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Dzierzon

## Verfahren zur Detektion von Impedanzen, Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von Impedanzen, insbesondere längs Induktivitäten, in Telefonleitungen vom Typ mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“) nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1, sowie ein Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen vom Typ mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“) für die Tauglichkeit für Datenübertragungen nach dem DSL-Standard nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13, sowie die Verwendung eines DSL-Modems zur Durchführung eines solcher Verfahren.

Bei der immer häufiger und flächendeckender zum Einsatz kommenden modernen Datenübertragung über herkömmliche metallene Telefonleitungen mit zwei Leitungsadern (zumeist sind diese aus Kupferdrähten aufgebaut) besteht die Problematik, dass diese oftmals vor Jahrzehnten verlegten Leitungen nicht im Hinblick auf Frequenzübertragungen jenseits der 6 kHz ausgelegt wurden.

So sind insbesondere in ländlicheren Gegenden und vor allem im amerikanischen Raum oftmals Leitungen verlegt worden, die zur Verbesserung der Übertragung von Frequenzen im Bereich von 1 bis 5 kHz mit sogenannten „Pupin“-Spulen (auch „Load Coils“ im amerikanischen genannt) versehen wurden. Dies sind serielle Induktivitäten, die paarweise in die beiden Leitungsadern - mit einem gemeinsamen Ringkern versehen - in regelmäßigem Abstand, beispielsweise in Abständen von 900 Metern jeweils mit 66 mH oder in Abständen von 1,2 km mit jeweils 88 mH, eingeschleift wurden.

Für eine Datenübertragung ist es jedoch erforderlich Übertragungsfrequenzen weit jenseits der 5 kHz im Bereich von einigen 10 bis 100 kHz zu ermöglichen.

Das ist bei Vorhandensein von Impedanzen, insbesondere den genannten Induktivitäten, deren Sinn die Verminderung der Dämpfung im Sprachband war, unmöglich, da diese für hohe Frequenzen einen zu großen Widerstand darstellen.

5

Da oftmals keine genauen Aufzeichnungen darüber bestehen, was für Leitungen, und mit Induktivitäten oder nicht verlegt wurden, besteht die Notwendigkeit zur Qualifizierung der Leitung, bevor eine Datenübertragung eingerichtet werden kann.

10

Das ist teuer und sehr zeitaufwendig, insbesondere wenn ein Mitarbeiter der Telefongesellschaft zur Ausmessung der Leitung losgesendet werden muss.

15 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem eine Dektektion von etwaigen Impedanzen in einer herkömmlichen Telefonleitung möglichst kostengünstig und mit hoher Sicherheit ermöglicht ist.

20 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach dem Anspruch 1, durch das Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen nach dem Anspruch 13, sowie durch eine Verwendung eines DSL- Modems nach Anspruch 14 und nach Anspruch 16 gelöst.

25

Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Detektion von Impedanzen, insbesondere längs Induktivitäten (in Serie eingeschleift), in Telefonleitungen vom Typ mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“), wobei es die Schritte umfasst:

30 Einspeisung eines Prüfsignals in Form einer Wechselspannung in die Telefonleitung,

Messung eines Messsignals des Reflektionssignals des Prüfsignals, das als an der Gesamteingangsimpedanz der Leitung re-

35 flektierter Anteil des eingespeisten Prüfsignals am Beginn der Leitung abgreifbar ist,

Durchführen der ersten Verfahrensschritte bei mehreren verschiedenen Frequenzen innerhalb eines vorgewählten Frequenzbereichs der Wechselspannung des Prüfsignals,

Analyse der Messsignale in Abhängigkeit der Frequenz bezüglich deren Verlauf, wobei

die Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird,

worauf die zweite Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird,

Untersuchen des Verlaufs der zweiten Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz auf einen oder mehrere Vorzeichenwechsel.

Die Erfindung schlägt vor, ein Wechselspannungssignal einzuspeisen, das an der Gesamteingangsimpedanz der Leitung naturgemäß teilweise Reflektiert wird. Dieses Reflektierte Signal wird dann auf den Leitungswiderstand untersucht, insbesondere durch die Untersuchung des Verlaufs der zweiten Ableitung wird eine eindeutige Information darüber gewonnen, ob eine Impedanz in der Leitung befindlich ist. Dies stellt eine erhebliche Vereinfachung zu bisherigen Messmethoden mit mehreren einzeln manuell vorzunehmenden Prüfschritten dar.

Gemäß eines bevorzugten Verfahrensschritts ist vorgesehen, dass die Wechselspannung ein Sinus-Wechselspannung ist. Eine solche Sinus-Wechselspannung ist auf einer DSL-Modemkarte einfach zu generieren und zu detektieren.

Ein vorteilhafter Verfahrensschritt sieht vor, dass das Messsignal über eine Messung der elektrischen Spannung oder des elektrischen Stroms des Reflektionssignals gewonnen wird.

Bevorzugterweise wird als Messsignal die Phasenverschiebung des Reflektionssignals gegenüber dem Prüfsignal aufgenommen.

Die Phasenverschiebung wird nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens mittels eines Phasendiskriminators bestimmt.

- 5 Nach einer ebenso vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Phasenverschiebung mittels eines Quadraturdemodulators bestimmt.

10 Ein vorteilhafter Verfahrensschritt sieht vor, dass die Frequenzen zwischen 1 und 5 kHz, insbesondere in regelmäßigen oder logarithmischen Abständen zwischen den einzelnen Frequenzen, gewählt werden. In diesem Frequenzbereich lassen sich insbesondere die sogenannten Pupin-Spulen besonders gut detektieren.

15

Ein besonders vorteilhafter und daher bevorzugter Verfahrensschritt sieht vor, dass vor der Bildung der zweiten Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz eine Mittelwertbildung der einzelnen Messsignale zur Glättung derselben  
20 im Verlauf durchgeführt wird. Die Glättung dient zur Verminderung von "Rauschanteilen" (die bezüglich des eigentlichen Verlauf statistisch unabhängig sind) und verbessert die Auswertbarkeit der Daten.

- 25 Dem folgend wird gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung eine Medianbildung als Glättung durchgeführt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass in einem auf die Medianbildung folgenden  
30 Schritt einzelne in regelmäßigem Abstand zueinander liegende geglättete Messsignale der weiteren Auswertung zugeführt werden. Dies führt zu einer die Auswertung erleichternden Datenreduktion die aufgrund der vorhergehenden Glättung der Daten keine Verfälschung der Ergebnisse zur Folge hat.

35

Die Erfindung schafft ferner ein Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen vom Typ mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“) für die Tauglichkeit für Datenübertragungen nach dem DSL-Standard aufgrund von Untersuchungen insbesondere nach einem oben beschriebenen Verfahren, wobei bei Vorliegen eines Vorzeichenwechsels in einer zweiten Ableitung der Phasendifferenz zwischen Messsignal und Prüfsignal über der Frequenz in einem vorgewählten Frequenzbereich die Leitung als nicht tauglich für einen Einsatz ohne weitere technische Eingriffe für Datenübertragungen nach dem DSL-Standard bewertet wird.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung schlägt eine Verwendung eines DSL-Modems zur Durchführung eines oben beschriebenen Verfahrens vor, wobei der im eingesetzten DSL-Modem vorhandene Daten-Treiber- und Empfangs-Baustein verwendet wird. Hierdurch wird in besonders einfacher Weise bereits vorhandene Hardware verwendet, ohne dass weitere Entwicklungen notwendig sind.

Ein weiteres durch die Erfindung geschaffenes Verfahren schlägt die Verwendung eines netzanbieterseitigen DSL-Modems zur Durchführung eines der oben genannten Verfahren vor, wobei der im auf der Vermittlungsseite eingesetzten DSL-Modem vorhandene Test-Baustein verwendet wird, der in einem netzbetreiberseitigem DSL-Modem oft vorhanden ist, um analoge Ströme und/oder Spannungen verschiedener Art auf die Leitung geben und messen zu können, um so eine elektrische Prüfung der Leitung durchzuführen zu können. Auch hier sind die Vorteile gegeben durch Verwendung schon vorhandener Hardware.

Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen oder deren Unterkombinationen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung weiter erläutert.

Dabei zeigt:

- 5 einen Ausschnitt aus einer Telefonleitung mit Pupin-Spulen,  
ein Ersatzschaltbild der Leitung für niedrige Frequenzen,  
ein Ersatzschaltbild der gesamten Leitung mit Pupin-Spulen  
für niedrige Frequenzen ,  
den qualitativen Verlauf des Wellenwiderstandes  $Z$  als Funkti-  
10 on der Frequenz,  
die Gesamteingangsimpedanz der Leitung über der Frequenz,  
den Realteil der Eingangsimpedanz der Leitung über der Fre-  
quenz,  
den Imaginärteil der Eingangsimpedanz der Leitung über der  
15 Frequenz,  
die Phasenverschiebung der Eingangsimpedanz der Leitung über  
der Frequenz,  
die erste Ableitung der Phasenverschiebung der Eingangsimpe-  
danz als Funktion der Frequenz bei verschiedenen Randbedin-  
20 gungen,  
die zweite Ableitung der Phasenverschiebung der Eingangsimpe-  
danz als Funktion der Frequenz bei verschiedenen Randbedin-  
gungen,  
ein Ablaufdiagramm des Verfahrens,  
25 ein Messungsbeispiel einer gemessenen und errechneten ersten  
Ableitung,  
ein Messungsbeispiel einer gemessenen und errechneten ersten  
Ableitung nach der Mittelwertbildung zur Glättung,  
ein Messungsbeispiel einer gemessenen und errechneten ersten  
30 Ableitung nach erfolgter Datenreduktion,  
ein Messungsbeispiel einer errechneten zweiten Ableitung,  
eine schematische Darstellung von Baugruppen eines DSL-  
Modems,  
eine schematische Darstellung der für die Auswertung beteili-  
35 gen Baugruppen des DSL-Modems,

ein beteiligter Baustein für die Analyse nach einem ersten Beispiel,

ein beteiligter Baustein für die Analyse nach einem zweiten Beispiel,

- 5 eine schematische Darstellung der für die Auswertung beteiligten Baugruppen des DSL-Modems bei Phasendifferenzmessung, und eine schematische Darstellung von Signalverläufen bei Phasendifferenzmessung.

- 10 In den Figuren gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder gleich wirkende Elemente.

1 Die Figur 1 zeigt einen Längenausschnitt einer Telefonleitung vom Beginn (Einspeisepunkte 11 und 12 der beiden einzelnen  
15 Drähte 13 und 14) der Leitung 10 an. Die Leitung hat ohne die darin eingefügten Pupin-Spulen 15 und 16 - den Wellenwiderstand  $Z_0$ .

Die Pupin-Spulen („load coils“) sind im Beispiel in einem  
20 Abstand von 2 km vom Einspeisepunkt und dann wiederkehrend jeweils nach 2 km in die Leitung seriell (längs) eingeschleift. Die Spulen sind so dimensioniert, dass sie für Frequenzen im Sprachband bis 3,4 kHz die Leitungsdämpfung senken. Für höhere Frequenzen steigt jedoch die Dämpfung dras-  
25 tisch an, so dass eine Datenübertragung mit allen DSL-Verfahren unmöglich ist.

Es ist daher notwendig mit den hier beschriebenen Verfahren festzustellen, ob eine vorhandene Leitung mit Pupin-Spulen  
30 versehen ist oder nicht, um deren Tauglichkeit für Übertragungsverfahren, die wesentlich höhere Frequenzen zur Übertragung benutzen (z.B. ISDN, VDSL, SDSL, ADSL) zu bestimmen.

Die erfindungsgemäßen Verfahren ermöglichen eine solche Be-  
35 stimmung der Tauglichkeit, im Sinne von Vorhandensein oder nicht von Pupin-Spulen in der Leitung, ohne zusätzliche Mess-



geräte, allein mit der vorhandenen Hardware samt zugehöriger Software.

5     Figur 2 zeigt das Ersatzschaltbild für die in Figur 1 gezeigte Leitungsanordnung für niedrige Frequenzen für die die Leitungslänge bis zur Spule (im Beispiel  $l = 2 \text{ km}$ ) sehr viel kleiner als die Wellenlänge ist.

10    Für eine einfache Abschätzung können die Leitungsbeläge der reinen Drahtleitung zu konzentrierten Elementen, nämlich zum Widerstand 21 ( $R'$ ), zur Spule 22 ( $L'$ ) und zum Kondensator 23 ( $C'$ ) zusammengefasst werden.

15    Der Wellenwiderstand der Leitung ändert sich durch den Einbau der Pupin-Spulen von  $Z_0$  auf  $Z_c$ . Die Eingangs-Impedanz erhält man, indem das Ersatzschaltbild mit dem Wellenwiderstand  $Z_c$  abgeschlossen wird.

20    In  $Z_c$  sind die Pupin-Spulen berücksichtigt.

25     $Z_c$  hat also für niedrige Frequenzen einen hohen ohmschen und kapazitiven Anteil, was im weiter vereinfachten Ersatzschaltbild nach Figur 3 durch das die weitere Leitung mit den Spulen ersetzende Schalelement 30 mit dem Widerstand 31 ( $R_c$ ) und den Kondensator 32 ( $C_c$ ) wiedergegeben ist.

30    Der qualitative Verlauf des Wellenwiderstandes über der Frequenz  $w$  ist in Figur 4 gezeigt. Aufgetragen ist der Realteil von  $Z_0$  41 und der Realteil von  $Z_c$  43 (also bei vorliegen von Spulen), sowie der Imaginärteil von  $Z_0$  42 und von  $Z_c$  44. Die Kurven unterscheiden sich merklich voneinander. Im weiteren wird der Unterschied noch deutlicher. Hieran erkennt man jedoch schon, dass der Verlauf des Eingangswiderstandes außerdem „wellig“ ist gegenüber einer Leitung ohne „Load-Coils“  
35    (Pupin-Spulen).

Die Figuren 5 bis 8 zeigen den Einfluss von Randbedingungen am Ende 18 eines ersten Leitungsabschnittes 13 aus Draht. Es sind jeweils drei Kurven aufgetragen, wobei a einen Werteverlauf einer am Ende 18 offenen Leitung bezeichnet, b einen Werteverlauf einer am Ende 18 über eine Pupin-Spule mit einem weiteren Leitungsstück verbundenen Leitung bezeichnet und c einen Werteverlauf einer am Ende 18 ohne eine Spule direkt mit einem weiteren Leitungsstück verbundenen Leitung bezeichnet.

Figur 5 zeigt den Betrag der Eingangsimpedanz der Leitung am Einspeisepunkt (11, 12). Figur 6 den Realteil der Eingangsimpedanz. Figur 7 den Imaginärteil der Eingangsimpedanz. Und schließlich Figur 8 die Phasenverschiebung der Eingangsimpedanz der Leitung.

Es wird deutlich, dass der Unterschied in allen Werten auswertbar ist, jedoch im Phasenverlauf am stärksten zum Tragen kommt, was die Auswertung des Phasenverlaufs bevorzugt erscheinen lässt.

Die Figuren 9 und 10 zeigen hierzu noch einmal detaillierter den typischen Verlauf der Phasenverschiebung der ersten Ableitung (Figur 9) und der zweiten Ableitung (Figur 10).

Das angegebene Problem, also die Detektion der Pupin-Spulen, wird gelöst, indem man die sehr unterschiedlichen Verläufe der Wellenwiderstände zwischen einer Leitung mit und einer ohne „Load coils“ im unteren Frequenzbereich (also im Sprachband) detektiert, und zwar unter Verwendung der schon vorhandenen Hardware.

Figur 11 zeigt den Ablauf des Analyseteils des Verfahrens nach Einspeisung eines Prüfsignals in Form einer Wechselspannung in die Telefonleitung und Messung der Phasenverschiebung des Reflektionssignals des Prüfsignals als Messsignals bei

mehreren verschiedenen Frequenzen. Zur Verdeutlichung ist die Bearbeitung der Datensätze in den Figuren 12 bis 15 dargestellt, wieder mit den Randbedingungen a, b und c (siehe oben).

5

Es werden die Analyse-Verfahrensschritte wie folgt durchlaufen:

10 Analyse der Messsignale bezüglich deren Verlauf, wobei die Ableitung 91 des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird (siehe für einen typischen Datensatz Figur 12).  
Anschließend wird das Verlaufs-Messsignal einer Mittelwertbildung 92 durch eine Medianbildung der einzelnen Messsignale zur Glättung derselben im Verlauf unterzogen. Hier können beispielsweise 8 benachbarte Werte gemeinsam geglättet werden  
15 (siehe für einen typischen Datensatz Figur 13).

In dem auf die Medianbildung folgenden Schritt wird eine Datenreduktion 93 durchgeführt, bei der nur noch einzelne in regelmäßigem Abstand zueinander liegende geglättete Messsignale (beispielsweise nur jeder achte Wert) der weiteren Auswertung zugeführt werden (siehe für einen typischen Datensatz Figur 14).

25 Nun erfolgt die zweite Ableitung 94 des Verlaufs der reduzierten geglätteten Messsignale nach der Frequenz (siehe für einen typischen Datensatz Figur 15).

30 Es muss nun nur noch nach einem Vorzeichenwechsel im Verlauf der zweiten Ableitung gesucht werden (95). Bei Leitungen die Pupin-Spulen enthalten sind diese vorhanden, bei Leitungen ohne Pupin-Spulen treten keine Vorzeichenwechsel auf. Daher kann aus dem Vorzeichenwechsel eindeutig auf das Vorhandensein (96) oder Nicht-Vorhandensein (97) von Pupin-Spulen geschlossen werden.

35

Figur 16 zeigt einen typischen DSL-Baustein 100, wie er Verwendung finden kann. Er besitzt einen Sinusgenerator 108, der das Signal über ein Sendefilter 105a und den Digital-Analog-Wandler 105b dem Hybriden 103 zuführt (der auch einen Leitungstreiber enthält). Der Hybrid 103 ist direkt mit einem Transformator 104 verbunden, über welchen das Signal in die Leitung 10 an beiden Drähten 13 und 14 eingespeist wird. Der DSL-Baustein empfängt Signale aus der Leitung 10 wieder über den Transformator 104 und den Hybriden 103, der das abgetrennte Signal über einen Analog-Digital-Wandler 106b und einen Empfangsfilter 106a der Echokompensationseinrichtung 107 zuführt. Diese ist normalerweise dazu da, eben das eigene, reflektierte Signal abzutrennen.

Manche DSL-Karten 100 verfügen auch über eine Leitungstest-einrichtung 102, wie in der Figur dargestellt. Diese ist in der Lage analoge mittels Signalgenerierungseinrichtungen 111 und 112 erzeugter Signale auf die Leitung 10 zu geben, um so grundlegende Funktionstests der Leitung durchzuführen. Hierzu werden beispielsweise über Widerstände 113 und 114 abfallende Messwerte durch eine Auswertevorrichtung 115 ausgewertet. Die Tests können einfache Widerstandstests oder dergleichen umfassen („metallic loop test“).

Zur Durchführung des Verfahrens können die im Sendepfad vorhandenen AM-Modulatoren zur Erzeugung der sinusförmigen Messsignale verwendet werden. Der Empfangspfad besteht aus dem ADC 106b (analog digital converter), dem downsampling von der ADC-Abtastrate auf die Symbolrate, dem RX-Filter 106a und der Echokompensation 107. Die Echokompensation besteht aus dem eigentlichen FIR-Echokompensatorfilter 107 und dem Addierer 107a, der im Datenmode vom gefilterten Empfangssignal das vom Echokompensatorfilter nachgebildete Echo abzieht (also beim Verfahren abgeschaltet). Zur Adaption wird das Restecho hinter dem Addierer dem Adaptionsteil des Echokompensatorfilter zugeführt. Außerdem weist der Empfangspfad einen  $r \cdot 4\text{kHz}$ -

Demodulator 107b auf, mit dem die Daten während der G.hs-Prozedur wiedergewonnen werden.

Die Anordnung von Hybrid und Trafo entspricht ebenfalls der üblichen Applikation. Die Wicklung des Trafos ist loopseitig aufgeteilt und die Teilwicklungen sind mit einem Kondensator verbunden um einen Kurzschluss bei Power feeding zu vermeiden. Im Hybrid soll hier auch der Linetreiber enthalten sein, der einen Innenwiderstand  $R_i$  aufweisen kann.

Im weiteren wird das Verfahren bei Detektion im Transceiver geschildert: Senden eines Sinussignals. TX- und RX-Filter als Bandpässe geschaltet. Echokompensation ausgeschaltet, d.h.  $U_r = U_s$ . Demodulation des „Echos“ und Messung der Amplitude des demodulierten Signals.

Bei allen Messungen bleiben die Verstärkungsfaktoren in TX- und RX und der Innenwiderstand  $R_i$  gleich. Die Spannung am Leitungsanfang und damit auch der komplexe Wert des „Echos“ ergibt sich aus der Spannungsteilung zwischen  $R_i$  und dem über den Trafo und den Hybriden transformierten komplexen  $Z_c$ . Für Leitungen die Pupin-Spulen aufweisen tritt ein anderer Verlauf des „Echo“ auf als bei Leitungen die keine Pupin-Spulen aufweisen und das demodulierte Signal wird entsprechend anders. An dem Verlauf des demodulierten Signals kann also z.B. das Vorhandensein von Pupin-Spulen erkannt werden.

Die Messung des Eingangswiderstandes der Loop (Leitung) geschieht also indirekt durch Messung des Empfangsignals. Werden Empfangsignal und Sendesignal ins Verhältnis gesetzt, misst man die Übertragungsfunktion.

In der Leitungstesteinrichtung 102 stehen ebenfalls Linetreiber zur Verfügung, die - gesteuert durch „settings“ vom HOST - z.B. differentielle Sinustöne auf die Leitung geben können. An den Treiberausgängen kann der Strom gemessen werden.

Im Folgenden wird beschrieben, wie eine Durchführung des Verfahrens mit der Testeinrichtung erfolgen kann:

5 Senden eines differentiellen Sinussignals konstanter Amplitude und Messung der Amplitude des Treiberstromes. Dieser wird bei Leitungen mit Pupin-Spulen anders als bei solchen ohne solche Spulen, falls die Frequenz in einem Bereich liegt, bei dem beide Wellenwiderstände sich stark unterscheiden (bei  
10 niedrigen Frequenzen). Somit ist eine Detektion von Pupin-Spulen (Load coils) möglich.

15 Beide konkreten Verfahren setzen voraus, dass die Leitung am Ende offen oder durch ein gerade nicht aktives Telekommunikationssystem abgeschlossen ist, sodass die Eingangsimpedanz der Leitung nicht „verfälscht“ wird durch einen Abschlusswiderstand (der meist im Bereich von 135 Ohm liegt).

20 Figur 17 verdeutlicht nochmals die unterschiedlichen Bereiche, in denen das Verfahren durchgeführt wird. Zunächst wird die bei DSL-Modems vorhandene - schon beschriebene - Hardware zur Messung verwendet. Das abgegriffene Messsignal 134 und 135 kann sowohl per Software als auch per spezieller Hardware 131 ausgewertet werden. Die anschließende Auswertung 132  
25 der Analyseergebnisse, die schließlich das Resultat „Load-Coils vorhanden/nicht vorhanden“ liefert, wird i.A. durch Software realisiert werden.

30 Der Eingangswiderstand der Leitung kann mit Hilfe des Modems nur indirekt gemessen werden: Es wird ja immer der gesamte Eingangswiderstand des Hybriden gemessen. Da hierin die Transformator-Impedanz sehr stark eingeht, ist der Unterschied in den Beträgen der Eingangswiderstände des Hybriden nur sehr gering zwischen Leitungen mit oder ohne Load Coils.  
35 Die Auswertung der Messergebnisse sehr schwierig.

Die Detektion von Load Coils ist daher insbesondere möglich durch Messung des Verlaufes der Phase des Eingangswiderstandes des Hybriden im Frequenzbereich 1,5 bis 5 kHz und Ermittlung der Steigungen. Die Messungen könnten mit einer  
5 Schrittweite von 100 bis 200 Hz erfolgen.

Figur 18 und Figur 19 zeigen zwei verschiedene Vorrichtungen zur Analyse des Phasenverlaufes, d.h. Bildung von Phasendifferenzmesswerten über der Frequenz. Bei der ersten Variante  
10 (Figur 18) wird jeweils vom gleichspannungsfreien und sinusförmigen Sende- 134 und Empfangssignal 135 das Vorzeichen gebildet (141, und 142) und einem (digitalen) Phasendiskriminator 143 zugeführt. Eine spezielle Ausführungsform hierzu wird weiter unten beschrieben (Figur 20 und 21).

15 Die Variante nach Figur 19 zeigt einen Quadraturdemodulator 150 zur Bildung von Phasendifferenzmesswerten der eine Quadraturdemodulation des Empfangssignales vornimmt, wobei als Träger das Sendesignal (Prüfsignal) verwendet wird.

20 Figur 20 zeigt eine Ausführungsform der Phasenmessung unter Ausnutzung der Modem-Hardware und einer einfachen Zusatzschaltung. Die entsprechenden Signale sind in der Figur 21 gezeigt. Die Erzeugung und TX-Filterung der Symbole erfolgt so, dass ein sinusförmiges und gleichspannungsfreies Sendesignal mit den Frequenzen von 1,5 kHz bis 5 kHz entsteht. Entsprechend der Spannungsteilung zwischen dem Linetreiber-Innenwiderstand und dem Hybrideingangswiderstand, der den Eingangswiderstand der Leitung 10 enthält, entsteht ein sinusförmiges Empfangssignal hinter dem Analog-Digital-Wandler  
30 106b. Wenn das amplitudendiskrete Sende- und Empfangssignal in Zweierkomplementform codiert ist, werden jeweils nur die „most significant bits“ (also die Vorzeichen 210 und 220, die jeweils eine Flanke 211, 212 und 221, 222 bei Wechsel des  
35 Vorzeichens aufweisen) ermittelt und weiterverwendet, indem sie einem Äquivalenzgatter 133 zugeführt werden. Das Aus-

gangssignal 230 mit den entsprechenden Flanken 231 und 232 dieses Gatters 133 wird mittels eines Tiefpasses 131 gefiltert, mit einer Grenzfrequenz von beispielsweise 100 Hz. Das Ausgangssignal 240 des Tiefpasses ist ein Maß für die Phasendifferenz zwischen Sende- und Empfangssignal und kann je Messung in ein durch die Software auslesbares Register 132 geschrieben werden. Äquivalenzgatter und Tiefpass stellen einen einfachen Koinzidenzdetektor dar.



## Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Impedanzen, insbesondere längs Induktivitäten, in Telefonleitungen (10) vom Typ mit zwei  
5 Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“),  
g e k e n n z e i c h n e t durch die Verfahrensschritte:  
Einspeisung eines Prüfsignals in Form einer Wechselspannung in die Telefonleitung,  
Messung eines Messsignals des Reflektionssignals des Prüfsig-  
10 nals, das als an dem Eingangswiderstand der gesamten Leitung reflektierter Anteil des eingespeisten Prüfsignals Beginn der Leitung abgreifbar ist,  
Durchführen der ersten Verfahrensschritte bei mehreren ver-  
schiedenen Frequenzen innerhalb eines vorgewählten Frequenz-  
15 bereichs der Wechselspannung des Prüfsignals,  
Analyse der Messsignale in Abhängigkeit der Frequenz bezüglich deren Verlauf, wobei  
die Ableitung (91) des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird,  
20 worauf die zweite Ableitung (94) des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird,  
Untersuchen des Verlaufs der zweiten Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz auf einen oder mehrere Vorzeichenwechsel (95).
- 25
2. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Wechselspannung ein Sinus-Wechselspannung ist.
- 30
3. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Messsignal über eine Messung der elektrischen Spannung oder des elektrischen Stroms des Reflektionssignals ge-  
35 wonnen wird.

4. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Messsignal die Phasenverschiebung des Reflektions-  
5 signals gegenüber dem Prüfsignal aufgenommen wird.
5. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Phasenverschiebung mittels eines Phasendiskrimina-  
10 tors (143) bestimmt wird.
6. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Phasenverschiebung mittels eines Quadraturdemodula-  
15 tors (150) bestimmt wird.
7. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass aus dem Messsignal der Eingangswiderstand über der Frequenz berechnet wird.
8. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Frequenzen zwischen 1 und 5 kHz, insbesondere in regelmäßigen oder logarithmischen Abständen zwischen den einzelnen Frequenzen, gewählt werden.
- 30 9. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass vor der Bildung der zweiten Ableitung (94) des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz eine Mittelwertbildung (92)  
35 der einzelnen Messsignale zur Glättung derselben im Verlauf durchgeführt wird.

10. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Medianbildung als Glättung durchgeführt wird.

5

11. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach einem der  
Ansprüche 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in einem auf die Medianbildung folgenden Schritt einzel-  
ne in regelmäßigem Abstand zueinander liegende geglättete  
Messsignale der weiteren Auswertung zugeführt werden.

10

12. Verfahren zur Detektion von Impedanzen nach einem der  
Ansprüche 1 bis 11,

15

dadurch gekennzeichnet,  
dass die Induktivitäten Pupin-Spulen („Load Coils“) (15, 16)  
sind.

13. Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen vom Typ  
mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“) für  
die Tauglichkeit für Datenübertragungen die Frequenzen ober-  
halb des Sprachbandes verwenden aufgrund von Untersuchungen  
insbesondere nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1  
bis 12,

20

dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Vorliegen eines Vorzeichenwechsels einer zweiten  
Ableitung des Eingangswiderstandes der Telefonleitung über  
der Frequenz in einem vorgewählten Frequenzbereich die Lei-  
tung als nicht tauglich für einen Einsatz ohne weitere tech-  
nische Eingriffe für Datenübertragungen die Frequenzen ober-  
halb des Sprachbandes verwenden bewertet wird.

25

30

14. Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen nach  
Anspruch 13,

35

dadurch gekennzeichnet,  
dass der Frequenzbereich zu 1,0 bis 5,0 kHz gewählt wird.

15. Verwendung eines DSL-Modems zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der im eingesetzten DSL-Modem vorhandene Daten-Treiber- und Empfangs-Baustein verwendet wird.

5

16. Verwendung eines DSL-Modems (100) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der vorhandene Test-Baustein verwendet wird, der vorhanden ist, um analoge Ströme und/oder Spannungen verschiedener Art auf die  
10 Leitung geben und messen zu können, um so eine elektrische Prüfung der Leitung auf deren Eingangswiderstand, durchzuführen zu können.

15

17. Verwendung eines DSL-Modems (100) nach einem der Ansprüche 15 bis 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass das DSL-Modem ein ISDN-, VDSL-, ADSL-, SHDSL- oder SDSL-Modem ist.

## Zusammenfassung

5 Bezeichnung der Erfindung: Verfahren zur Detektion von Impedanzen, Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen

10 Die Erfindung betrifft Verfahren zur Detektion von Impedanzen, insbesondere längs Induktivitäten, in Telefonleitungen vom Typ mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“), mit den Verfahrensschritten:

Einspeisung eines Prüfsignals in Form einer Wechselspannung in die Telefonleitung,

15 Messung eines Messsignals des Reflektionssignals des Prüfsignals, das an dem Eingangswiderstand der gesamten Leitung am Beginn der Leitung abgreifbar ist,

Durchführen der ersten Verfahrensschritte bei mehreren verschiedenen Frequenzen innerhalb eines vorgewählten Frequenzbereichs der Wechselspannung des Prüfsignals,

20 Analyse der Messsignale in Abhängigkeit der Frequenz bezüglich deren Verlauf, wobei

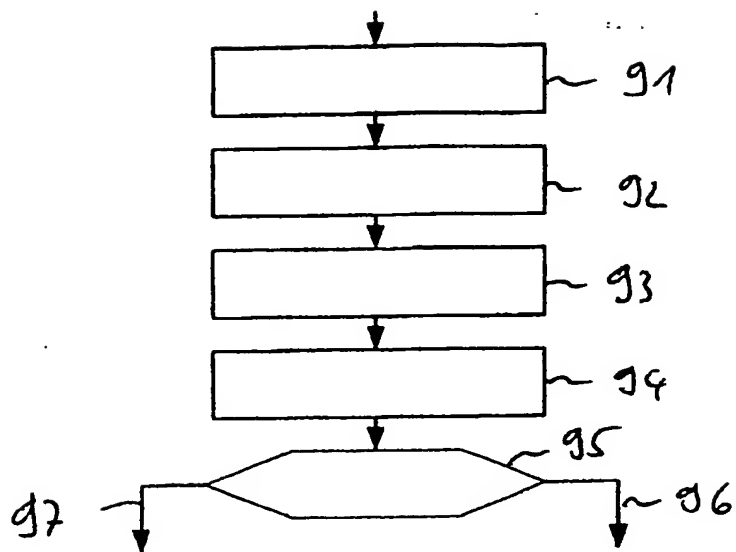
die Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird,

worauf die zweite Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz gebildet wird,

25 Untersuchen des Verlaufs der zweiten Ableitung des Verlaufs der Messsignale nach der Frequenz auf einen oder mehrere Vorzeichenwechsel.

30 Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Qualifizierung von Telefonleitungen vom Typ mit zwei Metalldrähten als Signalleiter („twisted pair“) für die Tauglichkeit für Datenübertragungen nach dem DSL-Standard, sowie eine Verwendung eines DSL-Modems zur Durchführung solcher Verfahren.

(Fig. 11)



**Fig. 11**

## Bezugszeichenliste

	10	Leitung
5	11, 12	Einspeisepunkte
	13, 14	Drähte
	15, 16	Pupin-Spulen
	17	Ende Leitung
	18	Ende des Leitungsabschnittes
10	Zo, Zc	Wellenwiderstand
	21	Widerstand
	22	Spule
	23	Kondensator
	30	Schalelement
15	31	Widerstand
	32	Kondensator
	41	Realteil von Zo
	42	Imaginärteil von Zo
	43	Realteil von Zc
20	44	Imaginärteil von Zc
	a	Werteverlauf offene Leitung
	b	Werteverlauf Pupin-Spule
	c	Werteverlauf verbundene Leitung
	91	Ableitung des Verlaufs
25	92	Mittelwertbildung
	93	Datenreduktion
	94	zweite Ableitung des Verlaufs
	95	Suche Vorzeichenwechsel
	96	Vorzeichenwechsel ja
30	97	Vorzeichenwechsel nein
	100	DSL-Baustein
	101	Transceiver
	102	Leitungstesteinrichtung
	103	Hybrid
35	104	Transformator
	105a	Sendefilter

	105b	Digital-Analog-Wandler
	106b	Analog-Digital-Wandler, ADC
	106a	Empfangsfilter, RX-Filter
	107	Echokompensationseinrichtung,
5	FIR-Echokompensatorfilter	
	107a	Addierer
	107b	$r \cdot 4\text{kHz}$ -Demodulator
	108	Sinusgenerator
	111 und 112	Signalgenerierungseinrichtungen
10	113 und 114	Widerstände
	115	Auswertevorrichtung
	Ri	Innenwiderstand
	134 und 135	Messsignale
	131	spezielle Hardware, Tiefpass
15	132	Auswertung, Register
	133	Gatter, Äquivalenzgatter
	134	Sendesignal
	135	Empfangssignal
	141, 142	Vorzeichenbildung
20	143	Phasendiskriminator
	150	Quadraturdemodulator
	210 und 220	most significant bits (Vorzeichen)
	211, 212	Flanke
	221, 222	Flanke und
25	230	Ausgangssignal
	231 und 232	Flanken
	240	Ausgangssignal des Tiefpasses



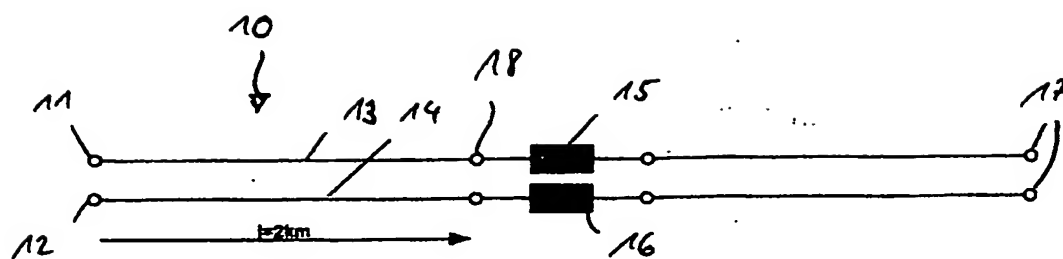


Fig. 1

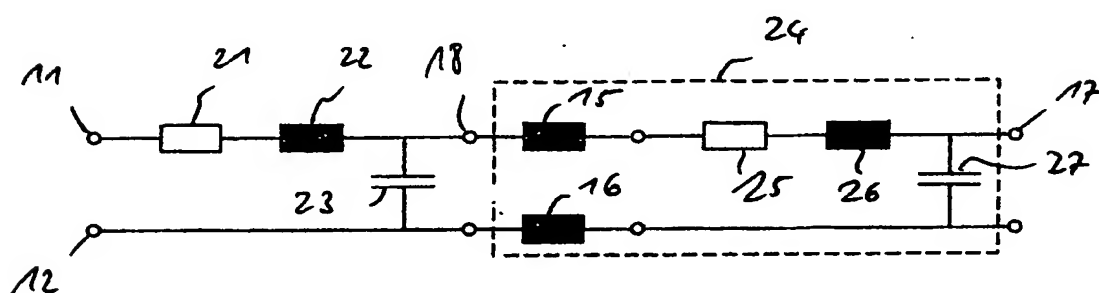


Fig. 2

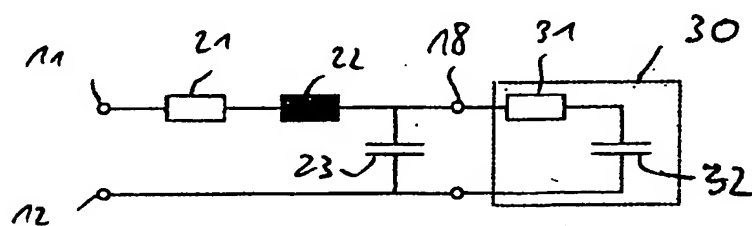


Fig. 3

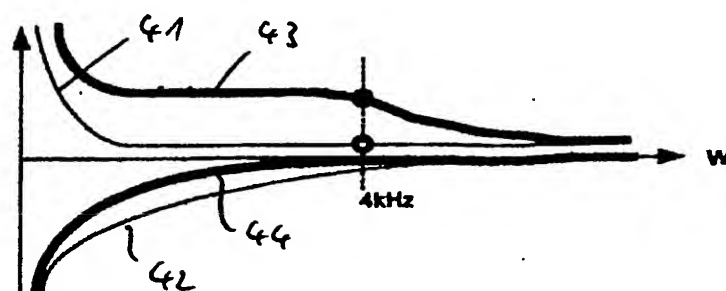


Fig. 4

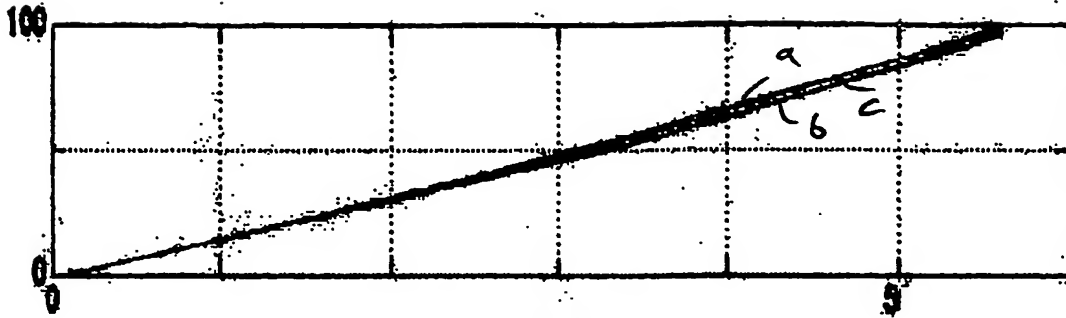


Fig. 5

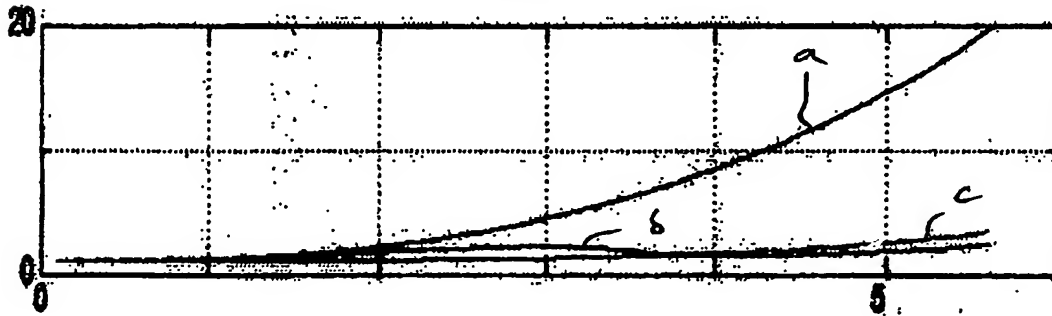


Fig. 6

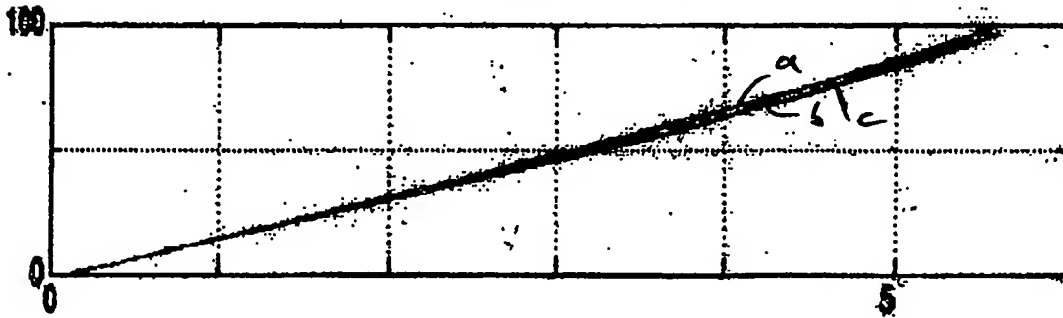


Fig. 7

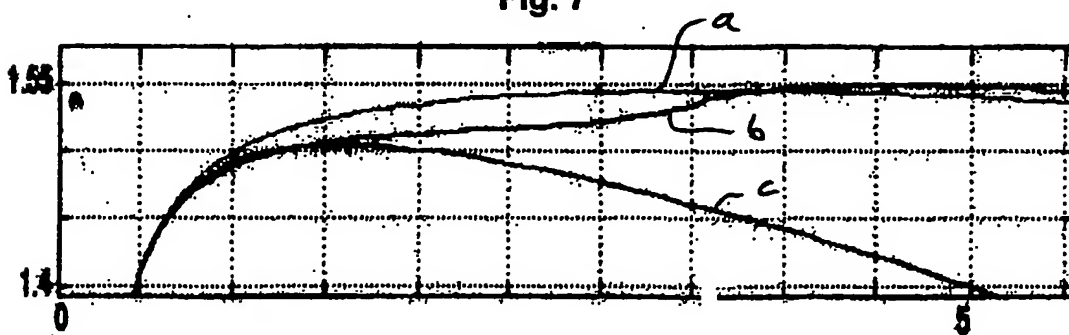


Fig. 8

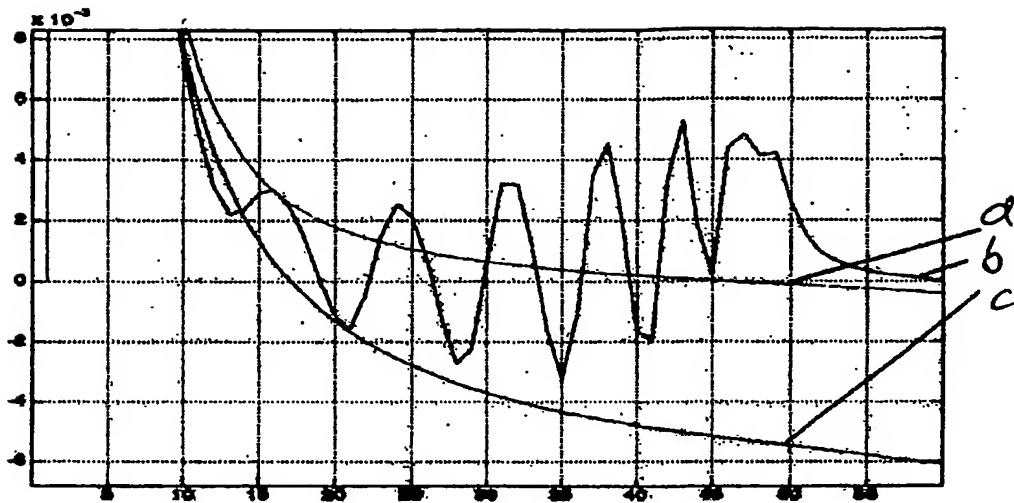


Fig. 9

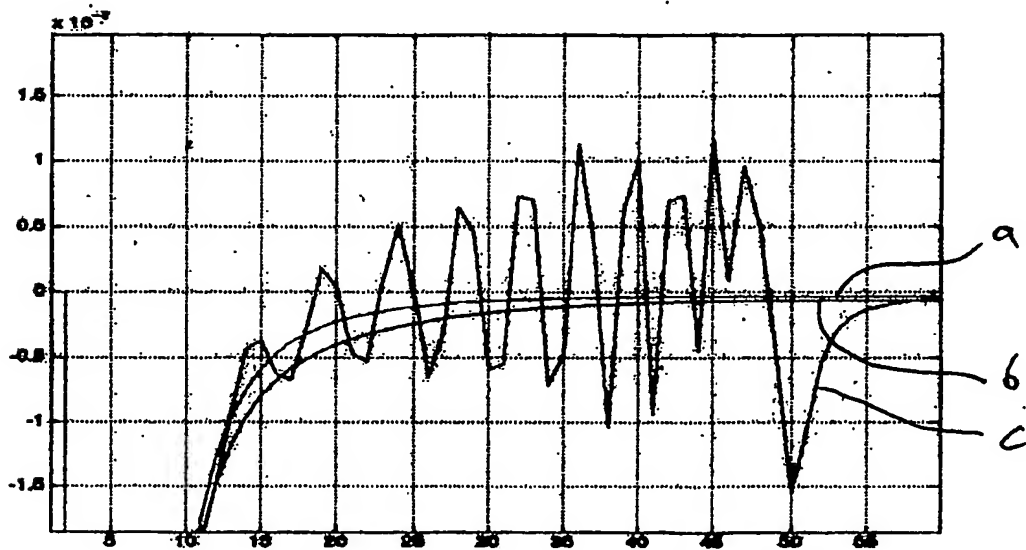


Fig. 10

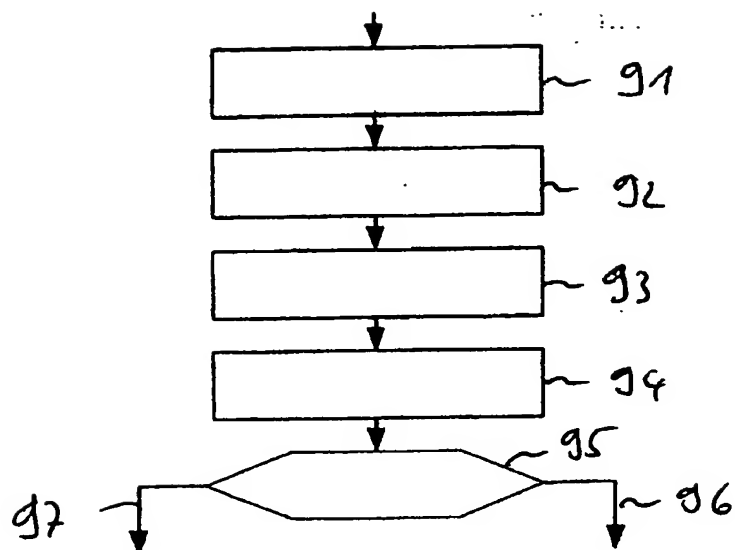


Fig. 11

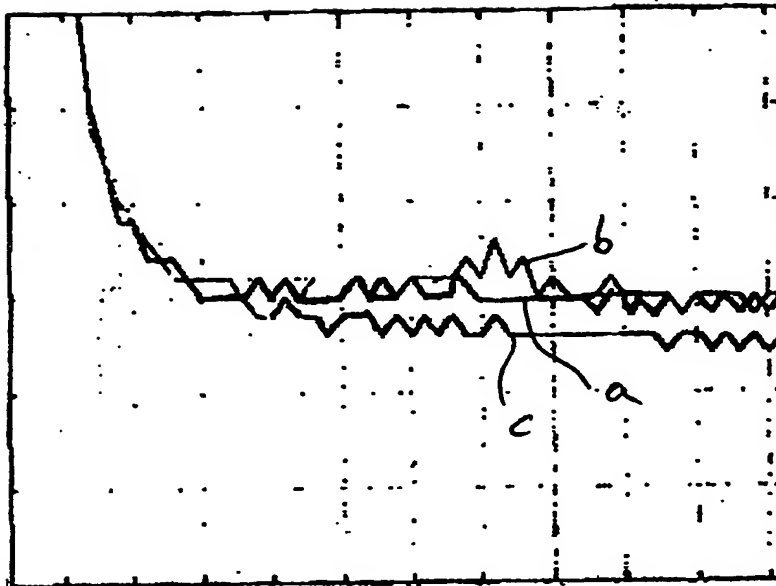


Fig. 12

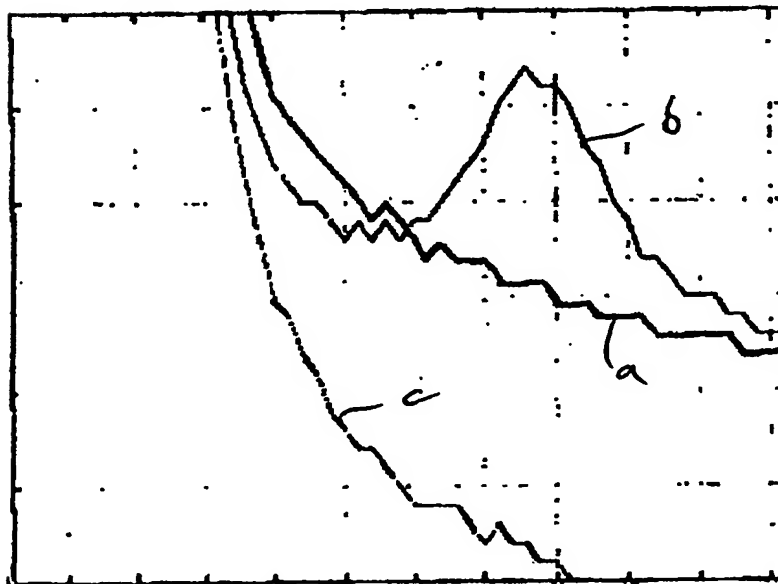


Fig. 13

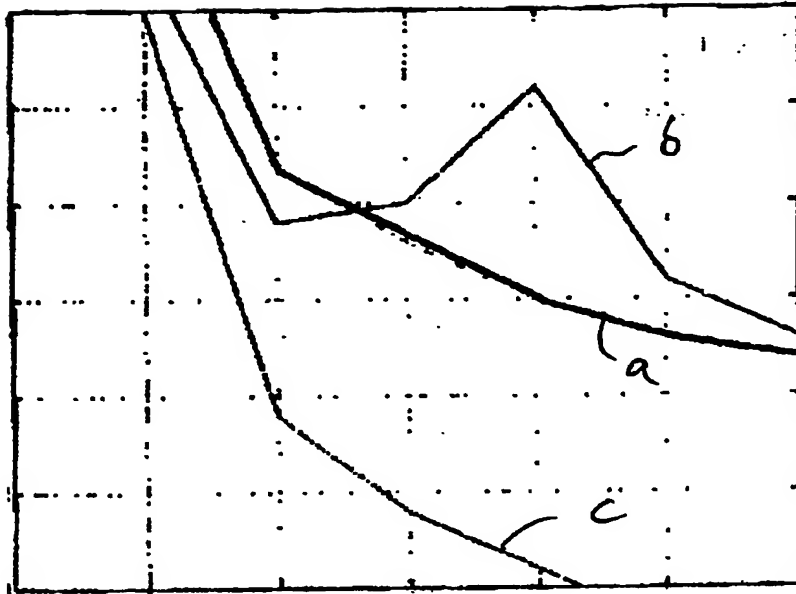


Fig. 14

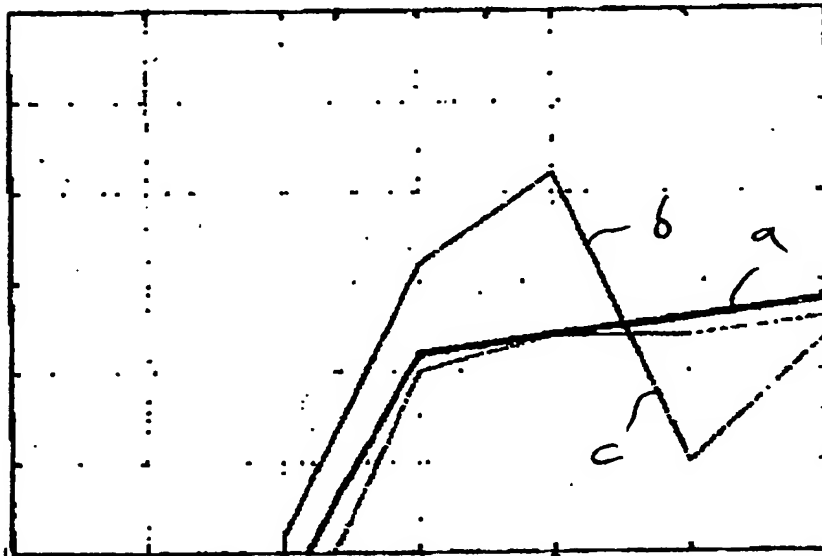
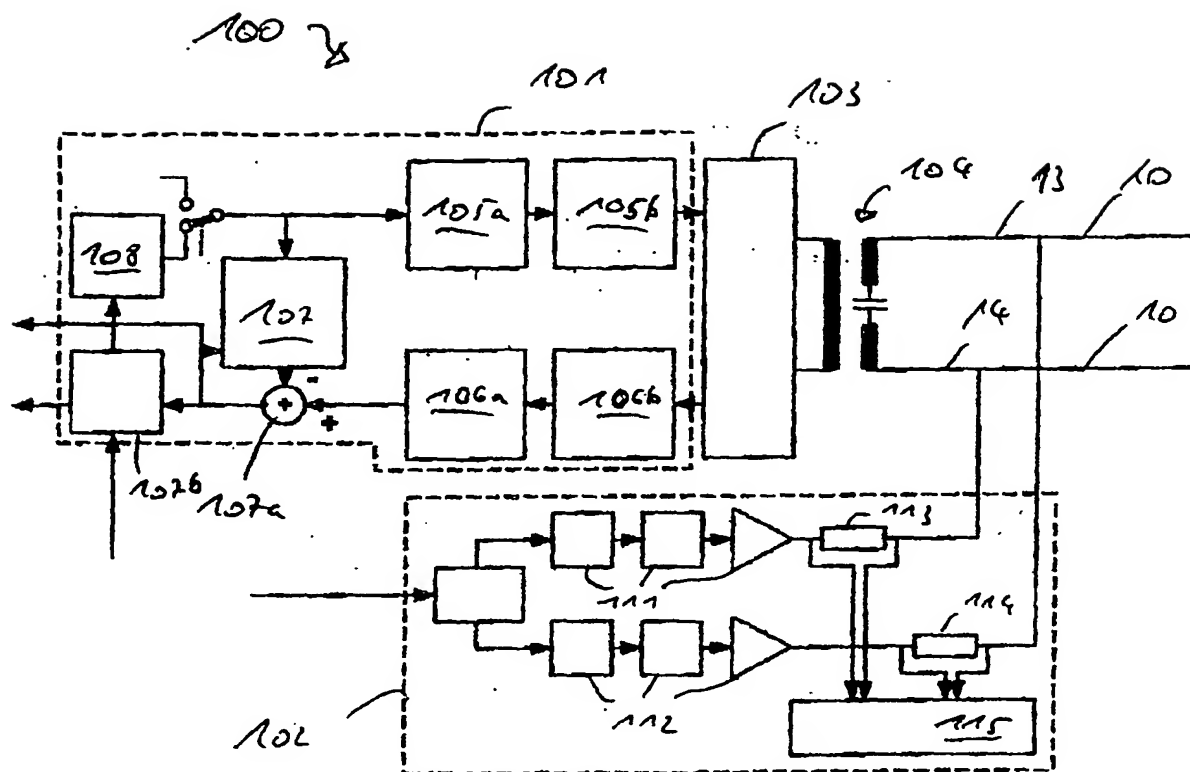


Fig. 15



**Fig. 16**

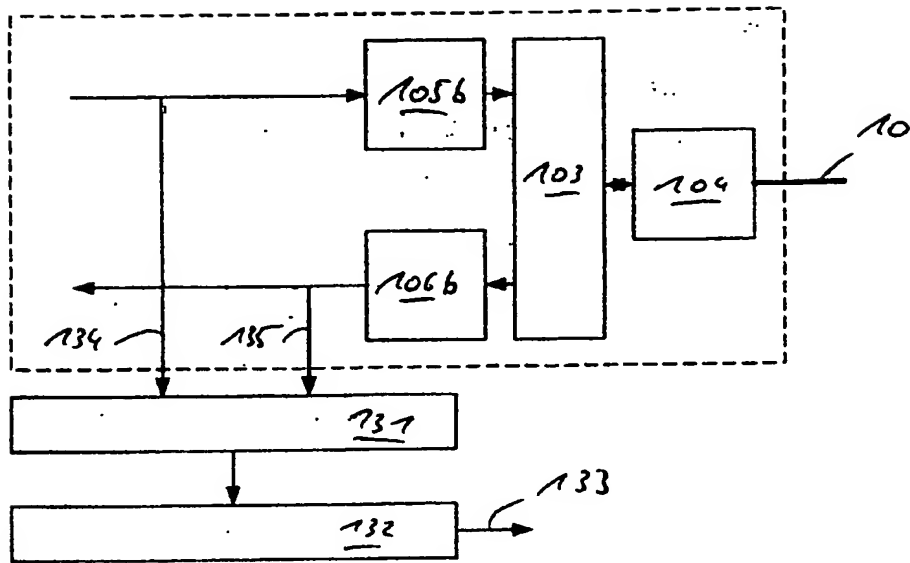


Fig. 17

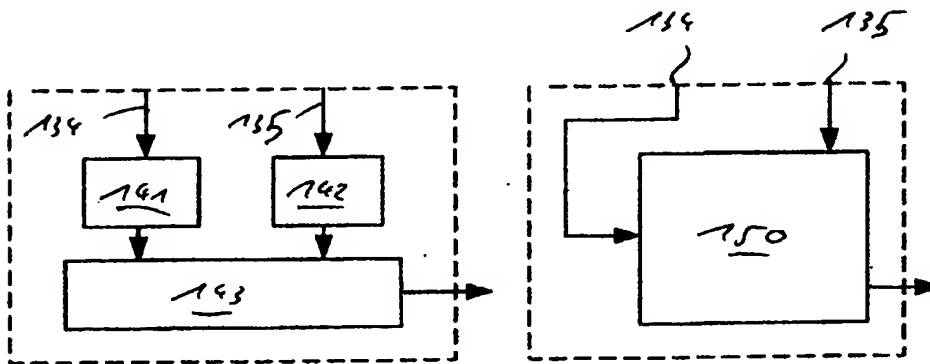


Fig. 18

Fig. 19



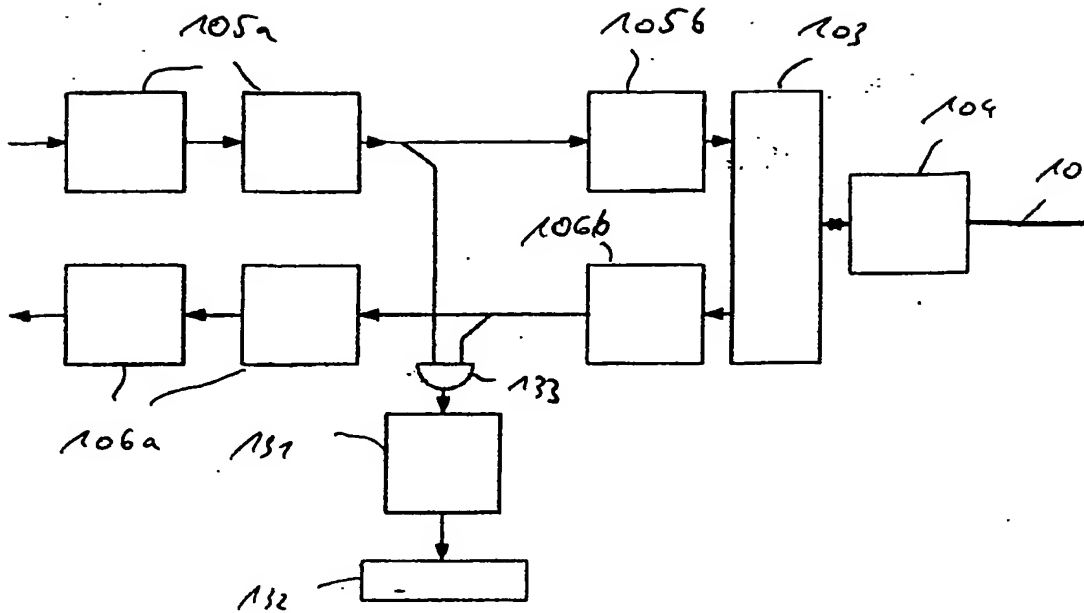


Fig. 20

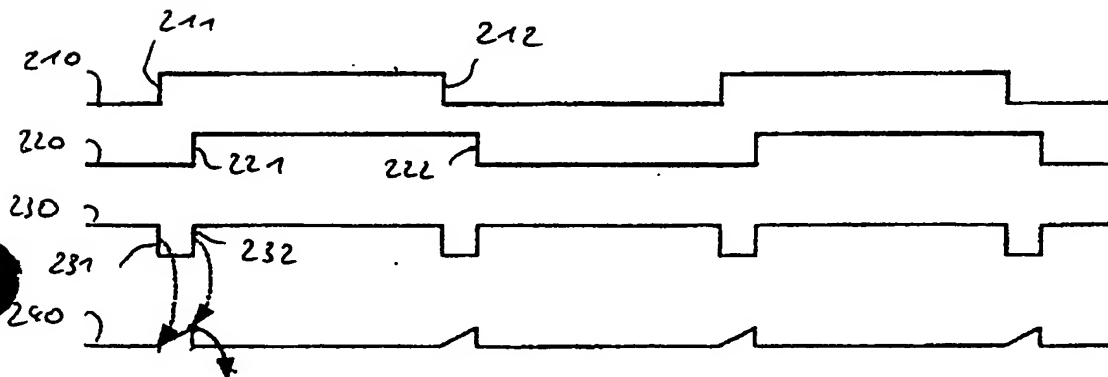


Fig. 21